

основная часть излучаемой энергии переходит в металл непосредственно, а не через детали конструкции камеры, как при традиционном литейном производстве, что позволяет использовать более экономные низкотемпературные виды изоляции с полным сохранением необходимых характеристик.

Следующим шагом в использовании титана и его сплавов является разработка технологии, обеспечивающей получение чистого расплава без дополнительной среды для технологического процесса, что значительно удешевит процесс производства титана и его использование. Однако для разработки подобной технологии необходимо проводить исследования на численных моделях в различных программных пакетах, анализировать полученные данные, на основе которых уже можно будет говорить об энергоэффективности разработанного метода получения расплава титана.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ЖИДКОЙ СТАЛИ

*Матвеев С.В., Дёмин Ю.К., Картавцев С.В.*

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова*

*E-mail: serega6731@mail.ru*

Мировое производство стали имеет устойчивую тенденцию к росту, как сообщает World Steel Association (Всемирная ассоциация стали), выплавка стали в 2010 году увеличилась на 15 % по сравнению с 2009 годом и составила 1,414 млрд т (табл. 1).

Таблица 1

Крупнейшие производители стали в мире, млн т

Страна	2010 г.	2009 г.	Рост производства стали, %
Китай	626,7	573,6	9,3
ЕС	173,1	138,7	24,8
Япония	109,6	87,5	25,2
США	80,6	58,2	38,5
Россия	67	60	11,7
Индия	66,8	62,8	6,4
Южная Корея	58,5	48,6	20,3
Германия	43,8	32,7	34,1
Украина	33,6	29,9	12,4
Бразилия	32,8	26,5	23,8
Турция	29	25,3	14,6

Как известно, сталь находится в жидком состоянии при температуре около 1600 °С, разливается для получения разнообразных отливок и при охлаждении выделяет теплоту. При охлаждении от 1600 °С до 1500 °С она отдает 84 МДж/т; в процессе кристаллизации при 1500 °С – существует изотермическая площадка до 275 МДж/т; при охлаждении от 1500 °С до температуры окружающей среды – 1075 МДж/т, большая часть этой теплоты теряется даже в низкотемпературной области (ниже 800 °С), а в высокотемпературной (1600...800 °С) она теряется практически полностью.

Учитывая это, логично поставить задачу разработки научных основ использования этой теплоты: выбор охлаждающего теплоносителя, направления использования отведенной теплоты, построение тепловой схемы, определение основных параметров и принципиальных конструктивных решений установки или системы, максимально эффективно использующих этот ресурс.

Методология интенсивного энергосбережения говорит о том, что наиболее эффективным является принцип технологической регенерации, то есть для увеличения коэффициента использования, энергию необходимо возвращать в процесс. В соответствии с принципом технологической регенерации высокопотенциальная теплота стали, в первую очередь, должна быть направлена на нагрев технологических потоков рассматриваемого процесса.

Предлагается разливка жидкой стали на жидкий теплоноситель. Жидкий металл льется на жидкий теплоноситель, и они двигаются вместе без проскальзывания, в результате затвердевания получается полоса с требуемой шириной и толщиной. Для этого предлагается использовать жидкометаллический теплоноситель (на подобии Na-K или свинцово-висмутового сплава С-13).

Жидкую сталь можно разливать прямотоком и противотоком. Противоточная схема рассмотрена Строгоновым К.В. и Картавцевым С.В. [1]. Причем по расчетам Строгонова К.В. [2], стальной лист, попавший в охлаждаемую среду при температуре  $t = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$  (С-13) начинает интенсивно охлаждаться: через 0,1 с сталь имеет температуру  $935\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; через 0,5 с –  $340\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; через 1 с –  $301\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Интенсивность охлаждения составляет  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$  в секунду.

В отличие от работ К.В. Строгонова, в данной работе будет рассматриваться прямоточная схема разливки жидкой стали, так как разливка жидкой стали на текущий теплоноситель уменьшает риск обрыва полосы. Также следует учесть, что теоретически можно получить температуру теплоносителя, равную  $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что раскрывает широкие возможности использования этой теплоты.

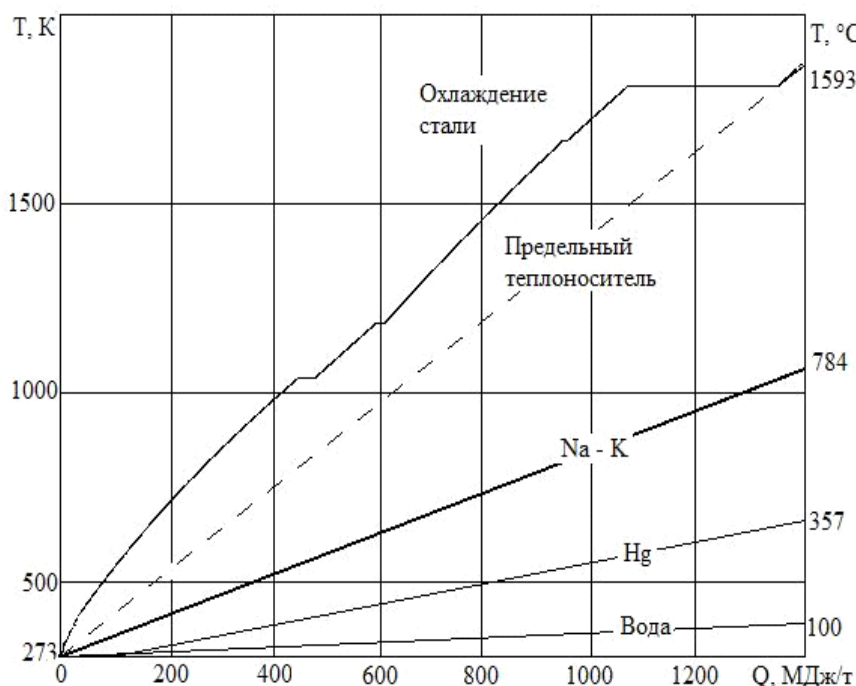


График охлаждения железа и нагрева некоторых теплоносителей

При прямоточной схеме возможна как вертикальная, так и горизонтальная разливка. При вертикальной разливке поток жидкого теплоносителя с двух сторон обтекает жидкую текущую сталь, тем самым обеспечивая эффективное и равномерное затвердевание с двух сторон [3].

Анализ данных показал, что есть генераторы, работающие на свинцово-висмутовом теплоносителе, следовательно, существует возможность полезного использования теплоты жидкой стали. Эти реакторы были установлены на атомных подводных лодках. Рабочие характеристики приведены в табл. 2.

Таблица 2

Рабочие характеристики реакторов

Характеристика	БРЕСТ-ОД-300	СВБР-10	СВБР-75/100
Тепловая мощность, МВт	175	43,3	280
Паропроизводительность, кг/с	370	56	580
Давление пара, МПа	25	4,2	9,2
Температура пара, °С	525	410	400
Температура теплоносителя, °С			
на входе	540	320	345
на выходе	420	480	495

В настоящее время ведутся теоретические и экспериментальные исследования различных способов разливки.

#### *Библиографический список*

1. Строгонов К.В., Картавец С.В. Жидкая сталь: использование теплоты и скоростная разливка. Магнитогорск: МГТУ, 2006.
2. Строгонов К.В. Расчет охлаждения непрерывно-литой полосы // Энергетики и металлургии настоящему и будущему России: Тез. докл. 3-й Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Магнитогорск: МГТУ, 2002. С. 20.
3. Строгонов К.В. Обоснование выбора схемы энергосбережения непрерывной скоростной разливки // Энергетики и металлургии настоящему и будущему России: Тез. докл. 4-й Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Магнитогорск: МГТУ, 2003. С. 44.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В ГАЗОВОЙ ТЕПЛОВОЙ ПУШКЕ**

*Михайлова В.А., Попов Д.Н., Варфоломеева О.И., Стерхов В.А., Хворенков Д. А.  
Ижевский государственный технический университет  
tguug@istu.ru*

Газовый нагреватель прямого действия – тепловая пушка предназначена для нагрева воздуха в замкнутом помещении и сушки различных строительных конструкций. Тепловые пушки, работающие на природном газе, получили широкое распространение в различных отраслях промышленности, включая строительство, благодаря автономности работы, простоте запуска и останова, высокой тепловой производительности и высокому кпд. Тепловые пушки представляют собой устройства, в состав которых входит газовая горелка и воздушный вентилятор, обеспечивающий транспортировку выделяемого тепла.

Тепло, полученное в процессе горения газа за счет конвективной и лучистой составляющей теплообмена, передается движущему воздуху. Часть тепла идет на нагрев корпуса пушки. В стационарном режиме теплопередачи темпе-